

(51) Internationale Patentklassifikation⁶ :

G01F 23/24

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/19328

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

29. Mai 1997 (29.05.97)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/04924

(22) Internationales Anmeldedatum: 11. November 1996
(11.11.96)(30) Prioritätsdaten:
195 42 988.5 17. November 1995 (17.11.95) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2,
D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MATTERN, Jean [DE/DE];
Altenhainer Strasse 49, D-65779 Fischbach (DE). MESETH,
Johann [DE/DE]; Am Forst 57, D-64807 Dieburg (DE).(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,
CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR MEASURING THE LEVEL OF FLUID IN A PRESSURISED CONTAINER

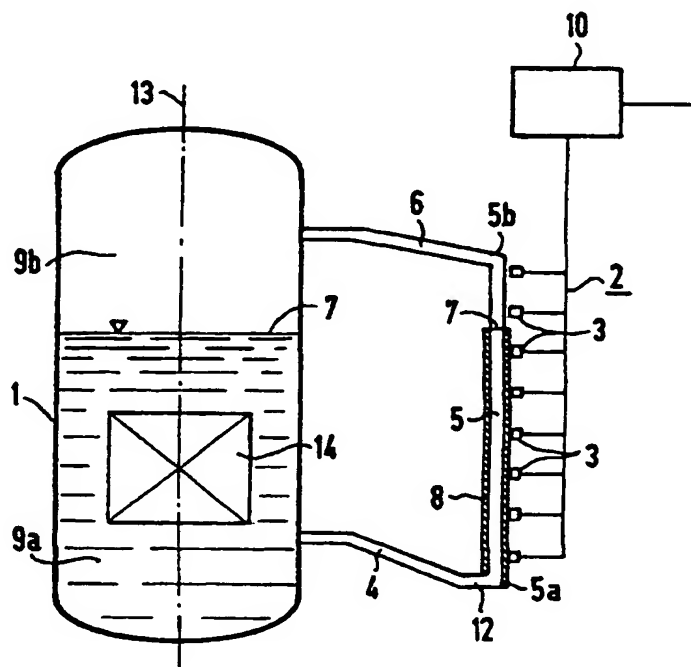
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER FÜLLSTANDSHÖHE EINES DRUCKBEHÄLTERS

(57) Abstract

The invention relates to a device (2) for measuring the level of fluid inside a pressurised container (1) capable of being filled with a fluid up to a certain level (7). A rising fluid line (5) is provided outside the pressurised container (1) and has a lower end (5a) and an upper end (5b). The lower end (5a) lies geodetically below the upper end (5b) and both ends (5a, 5b) are fluidically connected to the pressurised container (1). Between the lower end (5a) and upper end (5b) are provided a plurality of temperature measurement elements (3) for determining the temperature in the fluid line (5). These temperature measurement elements can be connected to an evaluation unit (10) for determining the fluid level (7) on the basis of measured signals from the temperature measurement elements (3).

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (2) zur Bestimmung des Füllstandes innerhalb eines Druckbehälters (1), welcher bis zu einer Füllstandshöhe (7) mit einem Fluid befüllbar ist, bei der außerhalb des Druckbehälters (1) eine steigend verlaufende Fluidleitung (5) vorgesehen ist, enthält ein unteres Ende (5a) und ein oberes Ende (5b). Das untere Ende (5a) liegt geodätisch unterhalb des oberen Endes (5b) und beide Enden (5a, 5b) stehen jeweils strömungstechnisch mit dem Druckbehälter (1) in Verbindung. Zwischen dem unteren Ende (5a) und dem oberen Ende (5b) sind eine Mehrzahl von Temperaturelementen (3) zur Bestimmung der Temperatur in der Fluidleitung (5) vorgesehen, die mit einer Auswerteinrichtung (10) zur Bestimmung der Füllstandshöhe (7) auf Grundlage der Meßsignale der Temperaturelemente (3) verbindbar sind.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Füllstandshöhe eines Druckbehälters

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung der Füllstandshöhe innerhalb eines Druckbehälters, insbesondere eines Druckbehälters einer Siedewasser-Kernkraftanlage.

10

In einem Druckbehälter, insbesondere einem Reaktordruckbehälter einer Siedewasser-Kernkraftanlage, welcher bis zu einer Füllstandshöhe mit einer Flüssigkeit und oberhalb der Füllstandshöhe mit einem Gas oder einem Dampf befüllt ist, ist häufig eine Bestimmung der Füllstandshöhe erforderlich. In der DE 35 41 613 A1 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Messung des Füllstandes in einem Reaktordruckbehälter eines Siedewasserreaktors beschrieben. Die Messung des Füllstandes erfolgt als Druckdifferenzmessung, bei der die Differenzdrücke zwischen einer Referenzwassersäule und dem in dem Reaktordruckbehälter enthaltenen Kühlmedium gemessen werden. Die Bestimmung des Füllstandes durch Druckdifferenzmessung ist zwar äußerst zuverlässig, aber sie birgt die Möglichkeit, daß in der Referenzwassersäule gelöstes Radiolysegas zu einer Verfälschung des Meßsignals führen könnte. Hierdurch bestünde zudem die Möglichkeit, daß infolge einer chemischen Reaktion von Radiolysegas eine Überbeanspruchung eines oder mehrerer Druckaufnehmer entstehen und somit ein bleibender Meßsignalfehler erzeugt werden könnte. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Füllstandshöhe ist das Auswerten der Abkühlraten von zuvor auf eine definierte Temperatur aufgeheizte und im Behälter angeordnete Temperaturfühler, wie sie in der GB 2 168 153 A beschrieben ist.

35 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Bestimmung der Füllstandshöhe innerhalb eines Druckbehälters, insbesondere eines Reaktordruckbehälters, anzugeben. Eine weitere

Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Bestimmung der Füllstandshöhe innerhalb eines Druckbehälters anzugeben.

- Erfindungsgemäß wird die auf eine Vorrichtung gerichtete Aufgabe dadurch gelöst, daß außerhalb eines Druckbehälters, in dem sich ein Fluid mit einem darüber anschließenden Gasbereich befindet, eine steigend verlaufende Fluidleitung vorgesehen ist, mit einem unteren Ende und einem oberen Ende, wobei das untere Ende geodätisch unterhalb des oberen Endes liegt und beide Enden jeweils strömungstechnisch mit dem Druckbehälter in Verbindung stehen und zwischen dem unteren Ende und dem oberen Ende eine Mehrzahl von Temperaturmeßelementen zur Bestimmung einer sich entlang der Fluidleitung aufgrund eines im Druckbehälter vorliegenden Temperaturunterschiedes zwischen dem Gasbereich und dem Fluid ergebende Temperaturverteilung vorgesehen sind. Sie sind mit einer Auswerteeinrichtung zur Bestimmung der Füllstandshöhe auf Grundlage der Meßsignale der Temperaturmeßelemente verbindbar.
- Die Fluidleitung ist vorzugsweise monoton steigend geführt, insbesondere senkrecht. Durch die strömungstechnische Ankopplung der Fluidleitung an den Druckbehälter stellt sich zum einen entlang der Fluidleitung eine Temperaturverteilung ein, die über eine Mehrzahl von Temperaturmeßelementen, die außerhalb oder innerhalb der Fluidleitung angeordnet sein können, bestimmt wird. Die Temperaturmeßelemente sind hierbei vorzugsweise ausreichend gegenüber thermischen Einflüssen aus der Umgebung der Fluidleitung isoliert, so daß sie eindeutig eine Wiedergabe der Temperaturverteilung in der Fluidleitung gewährleisten. Zum anderen stellt sich durch die strömungstechnische Ankopplung der Fluidleitung an den Druckbehälter in der Fluidleitung in der gleichen Höhe wie in dem Druckbehälter die Füllstandshöhe des Fluides ein. Von der Füllstandshöhe bis zum oberen Ende der Fluidleitung liegt ein gasförmiges Medium, insbesondere Dampf, mit einer insbesondere weitgehend konstanten Temperatur an, welche vorzugsweise mit zumindest einem Temperaturmeßelement bestimmt wird. Von

der Füllstandshöhe bis zu dem unteren Ende weist das Fluid eine Temperaturverteilung mit einer zum unteren Ende hin stetig abnehmenden Temperatur auf. Anhand der unterschiedlichen Temperaturverteilung des Fluides und Dampfes, insbesondere Wasserdampfes, in der Fluidleitung ist die Füllstandshöhe eindeutig bestimmbar. Insbesondere liegt in dem mit Dampf gefüllten Teil der Fluidleitung eine konstante Temperatur an, so daß eine Extrapolation der in dem Fluidbereich bestimmten Temperaturen zu dieser Temperatur die Füllstandshöhe einfach bestimmbar ist. Beispielsweise wird aus den diskreten an bestimmten Höhen gemessenen Werten der Temperatur des Fluides die Höhe, nämlich die Füllstandshöhe, bestimmt an der die Temperatur des Fluides mit der Temperatur des gasförmigen Mediums, insbesondere des Dampfes, übereinstimmt. Bei einer Änderung der Füllstandshöhe in dem Druckbehälter ändert sich analog auch die Füllstandshöhe in der Fluidleitung und damit auch die Temperaturverteilung in der Fluidleitung. Somit sind mit der Vorrichtung ebenfalls Änderungen der Füllstandshöhe einfach erfaßbar. Vorzugsweise hat die Fluidleitung in dem mit Dampf befüllten Bereich zumindest ein Temperaturmeßelement, wodurch die Dampftemperatur, welche im wesentlichen konstant ist, bestimmbar ist. In dem mit Fluid gefüllten Bereich sind vorzugsweise zwei oder mehr Temperaturmeßelemente vorgesehen, so daß eine Erfassung der Temperaturverteilung, des Temperaturgradienten, in dem mit Fluid gefüllten Bereich gegeben ist. Durch eine Mehrzahl von Temperaturmeßelementen in dem mit Fluid gefüllten Bereich wird selbst bei Ausfall eines oder mehrerer Temperaturmeßelemente eine hohe Meßgenauigkeit erreicht. Die Vorrichtung zeichnet sich durch ihre Langzeitstabilität aus, wobei die Temperaturmeßelemente jederzeit über eine diversitäre Bestimmung der Füllstandshöhe eichbar sind. Die Vorrichtung ermöglicht zudem ein kontinuierliches analog oder digital verarbeitbares Signal für die Füllstandshöhe des Fluides in dem Druckbehälter. Selbst bei einem Aufschäumen des Fluides, z.B. im Falle eines unkontrollierten Siedens des Fluides, ist mit der Vorrichtung ein aus-

sagekräftiger Wert für die effektive Füllstandshöhe erzielbar.

Die Vorrichtung weist vorzugsweise eine Auswerteeinrichtung auf, in der die von den Temperaturmeßelementen erhaltenen Signale ausgewertet und daraus die Füllstandshöhe bestimmt wird. Die Signale der Temperaturmeßelemente sind eindeutig einer jeweiligen Temperatur zugeordnet, so daß die Temperaturverteilung über die Höhe der Fluidleitung bestimmbar ist. Diese Temperaturverteilung ist in zwei Teiltemperaturverteilungen aufgeteilt, wobei die eine Teiltemperaturverteilung den Temperaturverlauf innerhalb des Fluides bis zur Füllstandshöhe und die andere Teiltemperaturverteilung den Temperaturverlauf innerhalb des geodätisch oberhalb der Füllstandshöhe anliegenden Dampfes widerspiegelt. Die Füllstandshöhe des Reaktordruckbehälters markiert die Höhe, an der die beiden unterschiedlichen Teiltemperaturverteilungen ineinander übergehen. Die Füllstandshöhe entspricht daher dem Schnittpunkt der beiden Teiltemperaturverteilungen und ist somit eindeutig aus den Signalen der Temperaturmeßelemente bestimmbar. Es ist hierbei nicht notwendigerweise erforderlich die Signale der Temperaturmeßelemente erst in Temperaturwerte umzusetzen. Bei Kenntnis des Zusammenhanges zwischen den Signalen der Temperaturmeßelemente und der Temperatur kann unmittelbar aus den Signalen die Füllstandshöhe bestimmt werden. Es versteht sich, daß die Auswerteeinrichtung über Mittel zur Darstellung der Füllstandshöhe, Drucker, Bildschirm, Datenaufzeichnungsgeräte, etc. verfügen kann. Weiterhin ist es selbstverständlich, daß die Auswerteeinrichtung mit einem Steuer-, Regel- und Kontrollsystem des Druckbehälters, insbesondere mit einem leittechnischem System zum Betrieb einer Kernkraftanlage mit einem Reaktordruckbehälter, kommunizieren kann.

Vorzugsweise ist das untere Ende der Fluidleitung über eine untere Abflußleitung mit dem Druckbehälter verbunden, wobei die untere Abflußleitung den geodätisch tiefsten Punkt der

Vorrichtung beinhaltet. Dieser Punkt kann am Übergang zwischen unterer Abflußleitung und Fluidleitung liegen. Die untere Abflußleitung kann von dem Reaktordruckbehälter monoton fallend in die Fluidleitung hinein verlaufen. Sie kann zusätzlich oder alternativ siphonartig ausgeführt sein. Hierdurch wird wirksam verhindert, daß aufgrund von Konvektion Fluid von dem Druckbehälter in die Fluidleitung strömt, welches eine höhere Temperatur als das Fluid in der Fluidleitung aufweist. Somit ist die Fluidleitung von dem Druckbehälter soweit entkoppelt, daß sich in ihr eine stabile Temperaturverteilung ausbildet.

Das obere Ende der Fluidleitung ist über eine obere Zuflußleitung strömungstechnisch mit dem Reaktordruckbehälter verbunden, so daß ein vom Druckbehälter insbesondere stetig fallender Strömungsweg in die Fluidleitung gebildet ist. Somit ist auf einfache Art und Weise wirksam verhindert, daß sich nicht kondensierbare Gase, beispielsweise Radiolysegase, in der Fluidleitung, ansammeln. Bei einer Fluidleitung, welche an einen Reaktordruckbehälter einer Siedewasser-Kernkraftanlage angeschlossen ist, ist hierdurch gewährleistet, daß oberhalb der Füllstandshöhe in der Fluidleitung praktisch ausschließlich Dampf aus dem Reaktordruckbehälter ohne Zusatz von Radiolysegas anliegt. Bei einem Betriebsdruck des Reaktordruckbehälters von etwa 70 bar herrscht in dem mit Dampf gefüllten Teil der Fluidleitung eine konstante Sattedampftemperatur von etwa 286 °C. Durch Wärmeverluste innerhalb der Fluidleitung kann ein Teil des Dampfes kondensieren und bis zur Füllstandshöhe in der Fluidleitung hinabströmen. Da der kondensierte Dampf ebenfalls noch etwa 286 °C besitzt, liegt an der Füllstandshöhe ebenfalls eine Temperatur von 286 °C vor. Durch Wärmeverluste in dem mit Fluid, insbesondere Wasser, gefüllten Bereich der Fluidleitung nimmt die Temperatur des Fluids bis zum geodätisch tiefsten Punkt der Vorrichtung ab. Infolge der stabilen Temperaturverteilung ergibt sich in der Fluidleitung geodätisch unterhalb der Füllstandshöhe ein höhenabhängiger Temperaturgradient. Dieser ist um so stärker,

je kleiner die Wärmeverluste in dem mit Dampf oder Gas gefüllten Teil der Fluidleitung sind und je größer die Wärmeverluste im mit Fluid gefüllten Bereich der Fluidleitung sind. Beispielsweise kann bei einer Fluidleitung, welche in dem mit Fluid gefüllten Bereich wärmeisoliert ist, ein Temperaturgradient von ca. 1 K/cm vorliegen. Bei Weglassen der Wärmeisolation kann der Temperaturgradient auf ca. 5 K/cm steigen.

Die Temperaturmeßelemente sind vorzugsweise Thermoelemente, welche an der Innen- und/oder Außenseite der Fluidleitung angeordnet sein können. Eine Messung der Temperatur an der Innenseite der Fluidleitung ermöglicht auch die Erfassung schneller Temperaturänderungen, da eine Zeitverzögerung durch Wärmeleitung durch die Wand der Fluidleitung hindurch vermieden wird. Bei einer sich nur langsam ändernden Temperaturverteilung ist in der Regel eine Messung der Temperatur an der Außenseite der Fluidleitung ausreichend.

Die Fluidleitung ist vorzugsweise, insbesondere in dem mit Fluid befüllten Bereich, von einer Wärmeisolationsschicht umgeben. Durch eine Wärmeisolation der Fluidleitung kann der Temperaturgradient innerhalb der Fluidleitung innerhalb weiter Grenzen eingestellt werden, insbesondere in Abhängigkeit der verwendeten Temperaturmeßelemente bzw. Temperaturmeßverfahren. Es ist hierdurch eine Meßgenauigkeit mit einem Meßfehler von deutlich unter 5 cm erreichbar.

Die Vorrichtung ist vorzugsweise an einem Reaktordruckbehälter einer Siedewasser-Kernkraftanlage angeschlossen, wobei das untere Ende geodätisch unterhalb und das obere Ende geodätisch oberhalb der Füllstandshöhen angeordnet sind, die auch bei extremen Störfällen nicht unter- bzw. überschritten werden sollen. Bei einer dazwischen liegenden Füllstandshöhe ist eine ständige ausreichende Kühlung des Reaktorkerns gewährleistet. Die Vorrichtung kann als alleinige oder zusätzliche diversitäre Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes

innerhalb des Reaktordruckbehälters dienen. Bei einem Reaktordruckbehälter, der bereits über ein sogenannte Standrohr verfügt, kann dieses als Fluidleitung mit Temperaturbestimmung ausgebildet werden, so daß keine zusätzlichen Durchführungen durch den Mantel des Reaktordruckbehälters notwendig sind. Solche bereits vorhandenen Standrohre können einfach mit Temperaturmeßelementen versehen werden. Die Vorrichtung ermöglicht eine störfallfeste Erfassung der Füllstandshöhe, da lediglich die Temperaturmeßelemente an der Fluidleitung vorgesehen sind und eine Auswerteeinrichtung mit entsprechenden elektronischen Komponenten außerhalb eines den Reaktordruckbehälter umschließenden Sicherheitsbehälters angeordnet sein können. Die Eigenschaften und die Störfallsicherheit von Temperaturmeßelementen, insbesondere Thermoelementen, sind hinreichend bekannt. Zudem funktioniert eine Bestimmung der Füllstandshöhe mittels der Vorrichtung immer dann, wenn die Temperatur innerhalb des Reaktordruckbehälters höher als die Umgebungstemperatur ist. Dies ist selbst bei äußerst unwahrscheinlichen Störfällen, beispielsweise bei einem Verlust von Kühlmittel des Reaktordruckbehälters, erfüllt.

Erfindungsgemäß wird die auf ein Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes in einem Druckbehälter, welcher bis zu einer Füllstandshöhe mit einem einen Fluidbereich bildenden Fluid und geodätisch oberhalb dieser Füllstandshöhe mit einem ein Gasbereich bildenden gasförmigen Medium, insbesondere Dampf, befüllt ist, dadurch gelöst, daß eine Fluidleitung außerhalb des Druckbehälters vorgesehen ist, welche strömungstechnisch sowohl mit dem Fluidbereich als auch mit dem Gasbereich verbunden ist, und die Temperaturverteilung entlang der Fluidleitung und daraus die Füllstandshöhe in der Fluidleitung und somit in dem Druckbehälter bestimmt wird. Bei dem Verfahren wird ausgenutzt, daß sich aufgrund eines im Druckbehälter vorliegenden Temperaturunterschiedes zwischen dem Gasbereich und dem Fluid eine Temperaturverteilung entlang der Fluidleitung ergibt, wobei in dem Gasbereich sowie in dem Fluidbereich innerhalb der Fluidleitung eine jeweilige Temperatur-

verteilung vorliegt, die sich deutlich voneinander unterscheiden und deren Schnittpunkt gerade die Füllstandshöhe kennzeichnet.

5 Die Temperaturbestimmung entlang der Fluidleitung erfolgt über eine Mehrzahl an der Fluidleitung angeordneter Temperaturmeßelemente, insbesondere Thermoelementen. Diese Temperaturmeßelemente können sowohl an der Innen- und/oder Außen-
10 ständig möglich, auch unmittelbar aus den Signalen der Temperaturmeßelemente die Füllstandshöhe zu bestimmen, ohne eine explizite Bestimmung der Temperatur durchzuführen. Insofern ist mit dem Begriff Temperaturverteilung auch bereits eine Verteilung einer der Temperatur eindeutig zugeordneten Größe,
15 beispielsweise einer Thermospannung eines Thermoelementes, umfaßt. Die Bestimmung der Temperatur kann zudem über geeignete Thermostrahlungsmessungen, beispielsweise mittels Infrarotmeßverfahren erfolgen.

20 Anhand der Zeichnung werden das Verfahren sowie die Vorrichtung näher erläutert. Es zeigen in schematischer nicht maßstäblicher Darstellung die

FIG 1 einen Reaktordruckbehälter in einem Längsschnitt mit
25 einer Vorrichtung zur Bestimmung der Füllstandshöhe und die

FIG 2 den Temperaturverlauf innerhalb einer an dem Reaktordruckbehälter gemäß FIG 1 angeordneten Fluidleitung.

30 In FIG 1 ist in einem Längsschnitt schematisch und nicht maßstäblich ein Reaktordruckbehälter 1 einer Siedewasser-Kernkraftanlage dargestellt. Der Reaktordruckbehälter 1 umfaßt einen Reaktorkern 14, welcher von einem Kühlmittel 11, insbesondere Wasser, vollständig umspült ist. Das Kühlmittel 11
35 nimmt innerhalb des Reaktordruckbehälters einen Fluidbereich 9a mit einer Füllstandshöhe 7 ein. Geodätisch oberhalb des Fluidbereiches 9a schließt sich ein Gasbereich 9b an, der mit

Sattdampf befüllt ist. Der Sattdampf wird über nicht dargestellte Vorrichtungen einer ebenfalls nicht dargestellten Dampfturbine zur Erzeugung elektrischer Energie zugeführt. Der Reaktordruckbehälter 1 hat eine vertikal verlaufende Hauptachse 13. An den Reaktordruckbehälter 1 ist eine entlang der Hauptachse 13 gestreckte Fluidleitung 5 angeordnet. Diese Fluidleitung 5 hat ein geodätisch oberes Ende 5b und ein geodätisch unteres Ende 5a. Das geodätisch obere Ende 5b ist über eine obere Zuflußleitung 6 strömungstechnisch an den Reaktordruckbehälter 1 angeschlossen. Die obere Zuflußleitung 6 verläuft von dem Reaktordruckbehälter 1 fallend zu dem geodätisch oberen Ende 5b. Das geodätisch untere Ende 5a ist durch eine untere Abflußleitung 4 mit dem Reaktordruckbehälter 1 an den Fluidbereich 9a angeschlossen. Die untere Abflußleitung 4 verläuft ebenfalls von dem Reaktordruckbehälter 1 fallend zu dem unteren Ende 5a. Mit der Fluidleitung 5 bildet die untere Abflußleitung 4 eine Art Siphon mit einem geodätisch tiefstliegenden Punkt 12. Entlang der Fluidleitung 5 sind eine Mehrzahl von Temperaturmeßelementen 3, insbesondere Thermoelementen, zur Bestimmung der Temperatur innerhalb der Fluidleitung 5 vorgesehen. Diese Temperaturmeßelemente 3 sind mit einer Auswerteeinrichtung 10 verbunden. Die Fluidleitung 5, die untere Abflußleitung 4, die obere Zuflußleitung 6, die Temperaturmeßelemente 3 sowie die Auswerteeinrichtung 10 gehören zu einer Vorrichtung 2, welche der Bestimmung der Füllstandshöhe 7 innerhalb des Reaktordruckbehälters 1 dient.

Das in der Fluidleitung 5 vorhandene Kühlmittel 11 nimmt in der Fluidleitung 5 dieselbe Füllstandshöhe 7 wie in dem Reaktordruckbehälter 1 ein. Die Fluidleitung ist vom unteren Ende 5a bis zur Füllstandshöhe 7 von einer Wärmeisolationsschicht 8 umgeben. Durch einen monoton fallenden Anschluß der Fluidleitung 5 über die obere Zuflußleitung 6 an den Gasbereich 9b ist gewährleistet, daß bis zur Füllstandshöhe 7 in der Fluidleitung ständig Sattdampf anliegt. Dieser Sattdampf hat eine nahezu konstante Temperatur von beispielsweise etwa 280 °C bis 300 °C. Der fallende Verlauf der oberen Zuflußleitung 6

gewährleistet, daß sich in der Fluidleitung 5 keine Radio-
lysegase ansammeln, die den Temperaturverlauf sowie die Füll-
standshöhe 7 in der Fluidleitung 5 beeinträchtigen könnten.
Durch die siphonartige Ausbildung der unteren Abflußleitung 4
5 mit dem geodätisch tiefsten Punkt 12 wird zudem erreicht, daß
kein heißes Kühlmittel 11 von dem Reaktordruckbehälter 1 in
die Fluidleitung 5 hineinströmt. Hierdurch ist eine Tempera-
turverteilung des Kühlmittels 11 in der Fluidleitung 5 er-
reicht, die von der Füllstandshöhe 7 bis zu dem geodätisch
10 tiefsten Punkt 12 abnimmt. Über die Temperaturmeßelemente 3
wird die Temperatur in der Fluidleitung 5 an diskreten Punk-
ten, welche einer jeweiligen Höhe in der Fluidleitung 5 ent-
sprechen, bestimmt und daraus in der Auswerteeinrichtung 10
ein kontinuierlicher Temperaturverlauf gewonnen. Dies ist in
15 FIG 2 schematisch dargestellt. Aus den Signalen der Tempera-
turmeßelemente 3 in dem Fluidbereich 9a wird eine Temperatur-
verteilung in Abhängigkeit der Höhe bestimmt, wobei der
Schnittpunkt dieser Temperaturverteilung mit der weitgehend
konstanten Temperatur in dem Dampfgebiet 9b gerade die Füll-
20 standshöhe ergibt. Eine Bestimmung der Füllstandshöhe 7 kann
hierbei auch unmittelbar aus den Signalen der Temperaturmeß-
elemente 3 erfolgen, welche Signale eindeutig der Temperatur
zugeordnet sind. Dies trifft beispielsweise bei Thermoelemen-
ten zu, deren Signal eine Thermospannung ist.

25 Die Erfindung zeichnet sich durch eine Vorrichtung und ein
Verfahren zur Bestimmung der Füllstandshöhe innerhalb eines
Druckbehälters, insbesondere eines Reaktordruckbehälters ei-
ner Siedewasser-Kernkraftanlage, aus. Die Vorrichtung umfaßt
30 eine im wesentlichen parallel zur Hauptachse des Reaktor-
druckbehälters verlaufende Fluidleitung, welche vorzugsweise
über von dem Reaktordruckbehälter fallende Zu- bzw. Abfluß-
leitungen mit diesem strömungstechnisch verbunden ist. An der
Fluidleitung sind Temperaturmeßelemente, insbesondere Thermo-
35 elemente, vorgesehen, welche jeweils ein eindeutig der Tempe-
ratur zugeordnetes Signal liefern. Aus diesen Signalen läßt
sich die Füllstandshöhe durch einfache Interpolation und/oder

Extrapolation gewinnen. Hierbei wird ausgenutzt, daß die Füllstandshöhe in der Fluidleitung der Füllstandshöhe des Reaktordruckbehälters entspricht und an der Füllstandshöhe die Temperatur des Kühlmittels des Reaktordruckbehälters sowie
5 des oberhalb der Füllstandshöhe vorhandenen Dampfes gleich sind. Der Schnittpunkt der über die Höhe aufgetragenen Temperaturverläufe innerhalb des Kühlmittels und des Dampfes der Fluidleitung ergeben gerade die Füllstandshöhe. Die Vorrichtung und das Verfahren eignen sich sowohl zu einer eigenständigen Bestimmung der Füllstandshöhe als auch zu einer zusätzlichen diversitären Bestimmung der Füllstandshöhe. Sämtliche Komponenten der Vorrichtung sind störfallfest ausführbar und selbst im Zuge einer Nachrüstung an einem Reaktor-
10 druckbehälter einfach installierbar.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (2) zur Bestimmung des Füllstandes eines innerhalb eines Druckbehälters (1) befindlichen Fluids, über dem sich ein Gasbereich (9b) befindet, bei der außerhalb des Druckbehälters (1) eine steigend verlaufende Fluidleitung (5) vorgesehen ist, die ein unteres Ende (5a) und ein oberes Ende (5b) aufweist, wobei das untere Ende (5a) geodätisch unterhalb des oberen Endes (5b) liegt und beide Enden (5a, 5b) jeweils strömungstechnisch mit dem Druckbehälter (1) in Verbindung stehen und zwischen dem unteren Ende (5a) und dem oberen Ende (5b) eine Mehrzahl von Temperaturmeßelementen (3) zur Bestimmung einer sich entlang der Fluidleitung (5) aufgrund eines im Druckbehälter (1) vorliegenden Temperaturschiedes zwischen dem Gasbereich (9b) und dem Fluid ergebenden Temperaturverteilung vorgesehen sind, die mit einer Auswerteeinrichtung (10) zur Bestimmung des Füllstandes auf Grundlage der Meßsignale der Temperaturmeßelemente (12) verbindbar sind.

20

2. Vorrichtung (2) nach Anspruch 1, bei der das untere Ende (5a) über eine untere Abflußleitung (4) mit dem Druckbehälter (1) verbunden ist, wobei die untere Abflußleitung (4) den geodätisch tiefsten Punkt der Vorrichtung (2) beinhaltet.

25

3. Vorrichtung (2) nach Anspruch 1 oder 2, bei der das obere Ende (5b) über eine obere Zuflußleitung (6) strömungstechnisch mit dem Reaktordruckbehälter (1) verbunden ist, so daß ein von dem Druckbehälter (1) in die Fluidleitung (5) fallender Strömungsweg gebildet ist.

30

4. Vorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Temperaturmeßelemente (10) Thermoelemente sind.

35

5. Vorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Fluidleitung (5) von einer Wärmeisolationsschicht (8) umgeben ist.

6. Vorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die an einen Reaktordruckbehälter (1) einer Siedewasser-Kernkraftanlage angeschlossen ist, wobei das untere Ende (5a) geodätisch unterhalb und das obere Ende (5b) geodätisch oberhalb der Füllstandshöhen (7) angeordnet sind, welche Füllstandshöhen (7) auch bei extremen Störfällen nicht unter- bzw. überschritten werden sollen.

7. Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes in einem Druckbehälter (1), welcher bis zu einer Füllstandshöhe (7) mit einem Fluidbereich (9a) bildenden Fluid und geodätisch oberhalb dieser Füllstandshöhe (7) mit einem Gasbereich (9b) bildenden gasförmigen Medium, insbesondere Dampf, befüllt ist, wobei eine Fluidleitung (5) außerhalb des Druckbehälters (1) vorgesehen ist, welche strömungstechnisch sowohl mit dem Fluidbereich (9a) als auch mit dem Gasbereich (9b) verbunden ist, wobei eine sich entlang der Fluidleitung (5) aufgrund eines im Druckbehälter (1) vorliegenden Temperaturunterschiedes zwischen dem Gasbereich (9b) und dem Fluid ergebende Temperaturverteilung gemessen und daraus die Füllstandshöhe (7) in der Fluidleitung (5) und somit in dem Druckbehälter (1) bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Temperaturbestimmung über eine Mehrzahl entlang der Fluidleitung (5) angeordneter Temperaturmeßelemente (3), insbesondere Thermoelementen, erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Temperaturbestimmung durch Thermostrahlungsmessung, beispielsweise mittels Infrarotmeßverfahren, erfolgt.

1/1

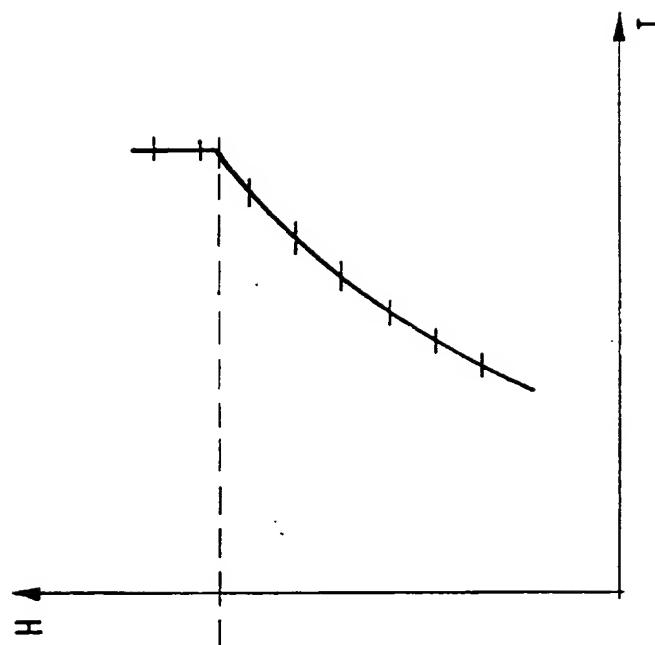


FIG 2

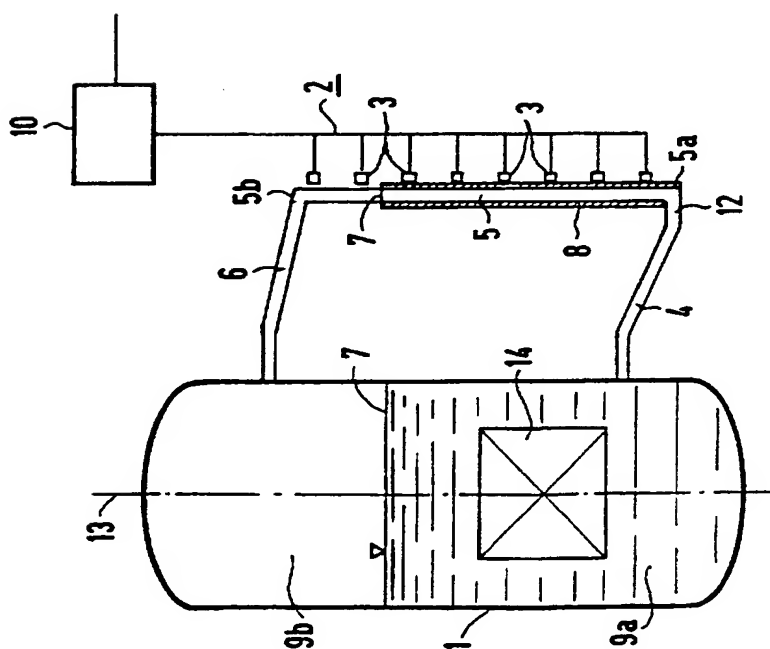


FIG 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 96/04924

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01F23/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 512 412 A (WEINING HARRY HENRY) 19 May 1970 see column 7, line 21 - line 68; figure 1 ---	1,3,4,7
X	US 1 962 187 A (B.J. FLOCK) 12 June 1934 see page 2, left-hand column, line 14 - line 46; figure ---	1,3,4,7
X	US 1 823 397 A (B.A. GUY) 15 September 1931 see page 1, line 65 - page 2, line 8; figures 1-4 --- -/-	1,3,4,7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 1997

Date of mailing of the international search report

- 4. 03. 97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Heinsius, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. onal Application No
PCT/EP 96/04924

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 168 153 A (HOPKINSONS LIMITED) 11 June 1986 cited in the application see page 2, line 121 - page 3, line 88; figures 1-5	1,3,4
Y	---	2,6-8
Y	EP 0 226 806 A (KRAFTWERK UNION AG) 1 July 1987 see column 5, line 14 - column 6, line 57; figure & DE 35 41 613 A cited in the application -----	2,6-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No
PCT/EP 96/04924

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-3512412	19-05-70	GB-A- 1225688	17-03-71
US-A-1962187	12-06-34	NONE	
US-A-1823397	15-09-31	NONE	
GB-A-2168153	11-06-86	NONE	
EP-A-0226806	01-07-87	DE-A- 3541613	27-05-87
		US-A- 4765945	23-08-88

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 96/04924

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 96/04924

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 168 153 A (HOPKINSONS LIMITED) 11.Juni 1986 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 2, Zeile 121 - Seite 3, Zeile 88; Abbildungen 1-5	1,3,4
Y	---	2,6-8
Y	EP 0 226 806 A (KRAFTWERK UNION AG) 1.Juli 1987 siehe Spalte 5, Zeile 14 - Spalte 6, Zeile 57; Abbildung & DE 35 41 613 A in der Anmeldung erwähnt -----	2,6-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/04924

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-3512412	19-05-70	GB-A- 1225688	17-03-71
US-A-1962187	12-06-34	KEINE	
US-A-1823397	15-09-31	KEINE	
GB-A-2168153	11-06-86	KEINE	
EP-A-0226806	01-07-87	DE-A- 3541613	27-05-87
		US-A- 4765945	23-08-88